Вариант №2

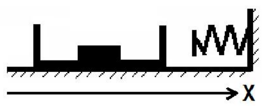
1.4.2. Задача. При полном погружении в воду сплошного тела, подвешенного к динамометру, показание последнего равно $F_1 = 1{,}5$ Н. Если опустить это тело в глицерин, то показание динамометра уменьшится на величину $\Delta F = 0{,}26$ Н. Определите плотность ρ материала этого тела. Плотность воды $\rho_1 = 1$ г/см^3, плотность глицерина $\rho_2 = 1{,}26$ г/см^3.

1.4.2. Решение. Согласно закону Архимеда, выталкивающая сила, действующая на полностью погруженное в жидкость тело, в первом случае равна $F_{A1} = \rho_1 Vg$, а во втором случае $F_{A2} = \rho_2 Vg$, где V – объем тела. Показания динамометра в первом и во втором случаях будут равны, соответственно, $F_1 = mg - \rho_1 Vg$, и $F_2 = mg - \rho_2 Vg$. Таким образом, разность показаний динамометра $\Delta F = F_1 - F_2 = (\rho_2 - \rho_1)Vg$. Выразим из последнего равенства объем тела: $V = \dfrac{\Delta F}{g(\rho_2 - \rho_1)}$. Подставляя это выражение в формулу для F_1, а также, учитывая формулу, связывающую массу, объем и плотность тела, $m = \rho V$, находим искомую величину: $\rho = \dfrac{F_1(\rho_2 - \rho_1)}{\Delta F} + \rho_1$. Ответ: $\rho = \dfrac{F_1(\rho_2 - \rho_1)}{\Delta F} + \rho_1 = 2{,}5$ г/см^3.

Вариант №2

2.4.2. Что такое трение покоя и трение скольжения? Дайте определение коэффициента трения.

Задача. Ящик с грузом скользит по гладкой горизонтальной плоскости и наталкивается на



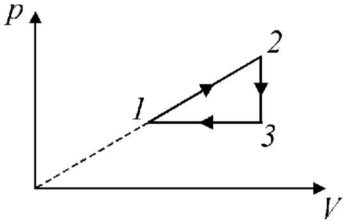
пружину, конец которой закреплен. Если скорость ящика $V_0 \geq 0{,}7$ м/с, то груз во время взаимодействия ящика с пружиной сдвигается относительно ящика. При этом ящик находится в контакте с пружиной в течение $\tau = 1$ с. Каков коэффициент трения μ между ящиком и грузом? Считайте, что ускорение свободного падения $g = 10$ м/с^2.

2.4.2. Решение. Ящик находится в контакте с пружиной в течение половины периода колебаний $\tau = \dfrac{T}{2} = \dfrac{\pi}{\omega}$. Груз начнет сдвигаться, когда максимальная величина силы трения $F_{тр}^{max} = ma_{max}$ станет равной μmg (здесь m-масса груза, a_{max}- максимальное ускорение при колебательном движении).
Следовательно, груз начнет сдвигаться в ящике, когда величина $a_{max} = \omega V_o = V_o \pi/\tau$ станет равной μg, откуда получаем
Ответ: $\mu = \pi V_o / g\tau \approx 0{,}22$.

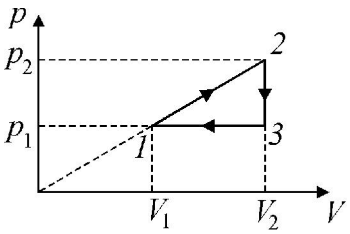
Вариант №2

3.3.2. Дайте определение моля вещества. Что такое постоянная Авогадро и чему равно ее значение?

Задача. Рабочим телом теплового двигателя является 1 моль идеального одноатомного газа. В двигателе совершается циклический процесс 1 – 2 – 3 –1, pV–диаграмма которого изображена на рисунке. Найдите работу, совершаемую двигателем за один цикл, если количество теплоты, которое газ получает на участке 1 – 2, равно $Q = 24$ кДж, а температура газа в точке 2 в четыре раза больше температуры газа в точке 1.



3.3.2. Решение. Работа, совершаемая газом в циклическом процессе, равна сумме количеств теплоты, которыми газ обменивается с окружающими телами на отдельных участках цикла: $A = Q_{12} + Q_{23} + Q_{31}$. Уравнения состояния газа в точках 1, 2 и 3 имеют вид: $p_1V_1 = RT_1$, $p_2V_2 = RT_2$, $p_1V_2 = RT_3$. Поскольку продолжение отрезка 1 – 2 проходит через начало координат, справедливо равенство: $\frac{p_2}{p_1} = \frac{V_2}{V_1}$, а теплоемкость газа на этом участке равна $2R$. Из условия задачи, а также из записанных соотношений следует, что $T_2 = 4T_1$, $T_3 = 2T_1$. Поэтому $Q_{12} = 2R(T_2 - T_1) = 6RT_1$, $Q_{23} = \frac{3}{2}R(T_3 - T_2) = -3RT_1$, $Q_{31} = \frac{5}{2}R(T_1 - T_3) = -\frac{5}{2}RT_1$. По условию $Q_{12} = Q$, следовательно, $RT_1 = \frac{Q}{6}$. Окончательно находим, что $A = \left(6 - 3 - \frac{5}{2}\right)RT_1 = \frac{RT_1}{2} = \frac{Q}{12}$.

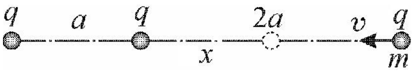


Ответ: $A = \frac{Q}{12} = 2$ кДж.

Вариант №2

4.1.2. Дайте определение потенциала электростатического поля. Как связаны разность потенциалов и напряженность однородного электростатического поля?

Задача. Три одинаковых маленьких шарика, несущие заряды $q = 10^{-9}$ Кл каждый, удерживают так, что они располагаются на одной прямой. Расстояние между первым и вторым шариками равно $a = 3$ см, а расстояние между вторым третьим шариками равно $2a$. Третий шарик отпускают и сообщают ему некоторую скорость v, направленную в сторону второго шарика по прямой, соединяющей шарики. Чему равна скорость v, если минимальное расстояние, на которое третий шарик приблизится ко второму, $x = 3$ см? Масса шарика $m = 1$ г. Электрическая постоянная $\varepsilon_0 = 8{,}85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м. Силу тяжести не учитывайте.



4.1.2. Решение. Потенциальная энергия кулоновского взаимодействия двух точечных зарядов q_1 и q_2, находящихся на расстоянии r друг от друга, рассчитывается по формуле $W = \dfrac{q_1 q_2}{4\pi\varepsilon_0 r}$. Обозначив через W_{12} потенциальную энергию взаимодействия первого и второго шариков, которые остаются неподвижными, по закону сохранения механической энергии имеем $W_{12} + \dfrac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 2a} + \dfrac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 3a} + \dfrac{mv^2}{2} = W_{12} + \dfrac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 x} + \dfrac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 (a+x)}$. Отсюда находим ответ $v = \dfrac{q}{\sqrt{2\pi\varepsilon_0 ma}} \sqrt{\dfrac{6a^2 + 7ax - 5x^2}{6x(a+x)}} \approx 2$ см/с.

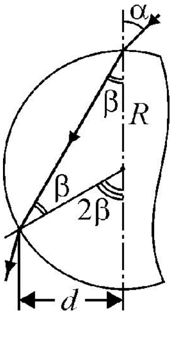
Ответ $v = \dfrac{q}{\sqrt{2\pi\varepsilon_0 ma}} \sqrt{\dfrac{6a^2 + 7ax - 5x^2}{6x(a+x)}} \approx 2$ см/с.

Вариант №2

5.2.2. Дайте определения абсолютного и относительного показателей преломления. Что такое полное внутреннее отражение?

Задача. На стеклянный шар радиусом $R = 5$ см с показателем преломления $n = 1{,}5$ падает луч света, образуя угол $\alpha = 30°$ с осью, проведенной через точку падения и центр шара. На каком расстоянии d от этой оси пучок выйдет из шара?

5.2.2. Решение. Пучок света испытывает преломление дважды: при входе в стеклянный шар и при выходе из него. При этом нормали к преломляющей поверхности в точках падения пучка совпадают с радиусами шара, проведенными в эти точки. Из рисунка видно, что искомое расстояние $d = R\sin 2\beta = 2R\sin\beta\cos\beta$, где β – угол преломления. По закону преломления $\sin\beta = \dfrac{1}{n}\sin\alpha$. Следовательно, $\cos\beta = \dfrac{1}{n}\sqrt{n^2 - \sin^2\alpha}$. Объединяя записанные выражения, находим $d = \dfrac{2R}{n^2}\sin\alpha \cdot \sqrt{n^2 - \sin^2\alpha} \approx 3{,}1$ см.



Ответ: $d = \dfrac{2R}{n^2}\sin\alpha \cdot \sqrt{n^2 - \sin^2\alpha} \approx 3{,}1$ см.